

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
**Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/9/2

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011881386 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-298296/199826

XRPX Acc No: N98-233332

Optical precision position measuring device e.g. for linear motor drives  
- has optical scanning device attached to one drive unit scanning  
measuring scale directly or indirectly attached to planar surface of  
relatively displaced drive unit

Patent Assignee: HEIDENHAIN GMBH JOHANNES (HEIJ )

Inventor: ALLGAEUER M; BRAASCH J; CALLIMICI C

Number of Countries: 021 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 9821810	A1	19980522	WO 97EP5520	A	19971008	199826 B
DE 19744938	A1	19980610	DE 1044938	A	19971010	199829
EP 938769	A1	19990901	EP 97909368	A	19971008	199940
			WO 97EP5520	A	19971008	
US 5963330	A	19991005	US 97842065	A	19970424	199948 N
CN 1237284	A	19991201	CN 97199653	A	19971008	200015
JP 2001503598	W	20010313	WO 97EP5520	A	19971008	200117
			JP 98522080	A	19971008	

Priority Applications (No Type Date): DE 1046771 A 19961113; US 97842065 A 19970424

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 9821810 A1 G 29 H02K-041/02

Designated States (National): CN JP

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE

DE 19744938 A1 G01B-011/00

EP 938769 A1 G H02K-041/02 Based on patent WO 9821810

Designated States (Regional): CH DE FR GB IT LI NL

US 5963330 A G01B-011/00

CN 1237284 A H02K-041/02

JP 2001503598 W 24 H02K-041/03 Based on patent WO 9821810

Abstract (Basic): WO 9821810 A

The measuring device has a measuring scale (8) attached to one relatively movable drive unit (1), scanned by an optical scanning device (10) attached to the other relatively movable component (2), for providing position-dependent output signals. The measuring scale is applied directly or indirectly to a planar surface of the first drive unit, the drive units spaced to allow their relative displacement during interaction between them.

USE - For precise positioning of drive mechanism with two relatively displaced drive units e.g. linear motor drive.

ADVANTAGE - Simple position measurement using measuring scale forming integral part of one drive unit.

✓ Dwg.1b/4

Title Terms: OPTICAL; PRECISION; POSITION; MEASURE; DEVICE; LINEAR; MOTOR; DRIVE; OPTICAL; SCAN; DEVICE; ATTACH; ONE; DRIVE; UNIT; SCAN; MEASURE; SCALE; INDIRECT; ATTACH; PLANE; SURFACE; RELATIVELY; DISPLACE; DRIVE; UNIT

Derwent Class: S02; V06; X11

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

International Patent Class (Main): G01B-011/00; H02K-041/02; H02K-041/03  
International Patent Class (Additional): G01D-005/34; H02P-007/00  
File Segment: EPI  
Manual Codes (EPI/S-X): S02-A03B2; S02-A06C; V06-M06B; V06-M14; X11-H02;  
X11-J04

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Off nl gungsschrift**  
⑩ **DE 197 44 938 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 B 11/00**

⑳ Aktenzeichen: 197 44 938.7  
㉔ Anmeldetag: 10. 10. 97  
㉕ Offenlegungstag: 10. 6. 98

**DE 197 44 938 A 1**

⑥⑥ Innere Priorität:  
196 46 771. 3 13. 11. 96

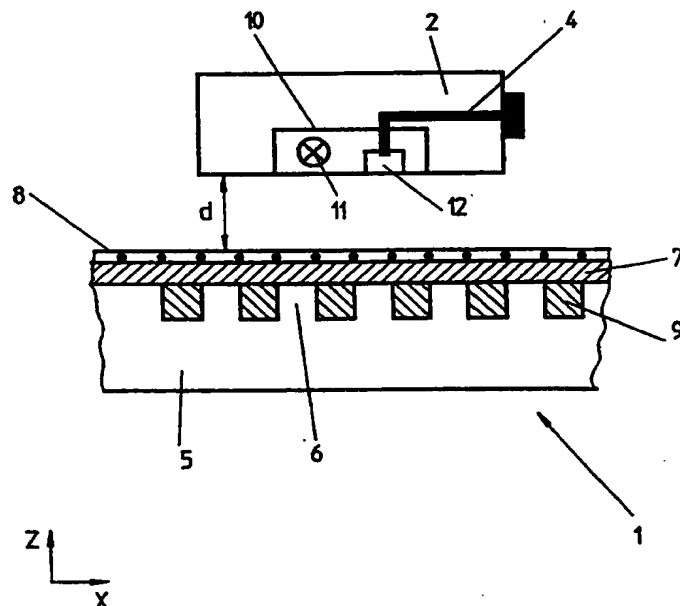
⑦① Anmelder:  
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,  
DE

⑦② Erfinder:  
Braasch, Jan, Dr., 83352 Altenmarkt, DE; Allgäuer,  
Michael, 83371 Stein, DE; Callimici, Christian, 83714  
Miesbach, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Optische Positionsmeßeinrichtung

⑤⑦ Es wird eine optische Positionsmeßeinrichtung, insbesondere für einen Antrieb zur präzisen Positionierung angegeben, welcher zwei zueinander bewegliche Antriebseinheiten umfaßt, wobei eine der beiden Antriebseinheiten eine Meßteilung als integralen Bestandteil aufweist. Diese ist von einer mit der anderen Antriebseinheit verbundenen Abtasteinheit zur Erzeugung von positionsabhängigen Ausgangssignalen abtastbar. Die Meßteilung ist direkt oder indirekt zumindest auf einem Teilbereich einer planen Oberfläche der Antriebseinheit angeordnet, wodurch sich ein Abstand zwischen den beiden Antriebseinheiten derart ergibt, daß im Zusammenwirken der beiden Antriebseinheiten die Erzeugung einer definierten Relativbewegung zwischen den beiden Antriebseinheiten möglich ist (Figur 1b).



**DE 197 44 938 A 1**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Positionsmeßeinrichtung, die insbesondere in Verbindung mit Antrieben zur präzisen Positionierung einsetzbar ist.

In der Halbleiterfertigung werden zur präzisen Relativ-Positionierung verschiedener Bauteile oft Linearmotoren unterschiedlicher Bauart als Antriebe eingesetzt; mögliche Einsatzgebiete hierbei sind etwa das Wafer-Handling oder aber das sogenannte Wafer-Probing. Soll dabei ein bewegliches Bauteil nicht nur in einer Dimension, sondern in einer Ebene positioniert werden, so resultieren bestimmte Anforderungen an die verwendeten Meßsysteme, über die die jeweiligen Verschiebungen in den unterschiedlichen Koordinatenrichtungen erfaßt werden. Neben der Erfassung von Verschiebewebewegungen in zwei Koordinatenrichtungen ist zudem oft gefordert, Drehbewegungen der zu positionierenden Bauteile um bestimmte Achsen zu detektieren.

Bekannt ist hierbei etwa aus der US 4,654,571 für jede Verschiebungsachse ein separates Interferometer vorzusehen. Neben Problemen hinsichtlich eines beschränkten Meßbereiches, Abschatten der Meßstrahlengänge etc. ergibt sich insbesondere ein relativ großer Aufwand aufgrund der derzeitigen hohen Kosten pro Interferometer.

Daneben gibt es Ansätze, die bei den hierfür verwendeten Linearmotoren üblicherweise vorhandene, periodische Struktur der Statoreinheit neben der Erzeugung der Antriebsbewegung auch zu Meßzwecken zu nutzen. Je nach Ausführung des eingesetzten Linearmotors kann es sich bei diesen Strukturen um zweidimensional angeordnete, zahnartige Weicheisenstrukturen oder aber um periodisch angeordnete Permanentmagnete unterschiedlicher bzw. gleicher Polarität handeln. So ist etwa bekannt, diese Strukturen mit Hilfe von magnetfeldempfindlichen Elementen oder aber entsprechenden Spulenanordnungen abzutasten, um verschiebungsabhängig modulierte Abtastsignale zu erzeugen. Die zur Erzeugung der Antriebsbewegung verwendeten periodischen Strukturen weisen dabei minimale Teilungsperioden in der Größenordnung einiger mm auf. Bezüglich der der resultierenden Abtastsignale ergibt sich damit eine maximal erreichbare Auflösung, die für Präzisionsanwendungen mitunter nicht ausreicht.

Zur Steigerung der Meßgenauigkeit bzw. Auflösung bietet sich deshalb an, einen bekannten Glas-Teilungsträger mit einer darauf aufgebrachtten Meßteilung zwischen den beweglichen Antriebseinheiten anzuordnen, also beispielsweise ein kommerzielles Kreuzgitter-Meßsystem in einen derartigen Antrieb zu integrieren. An der relativ zur Kreuzgitter-Meßteilung beweglichen Antriebs-Einheit sind ein oder mehrere geeignete Abtasteinheiten angeordnet, über die eine optische Abtastung der Meßteilung und eine entsprechende Bestimmung der Position inklusive interessierender Verdrehwinkel in bekannter Art und Weise erfolgen kann. Prinzipiell ließe sich derart eine Auflösung bei der Positionsbestimmung erreichen; die auch für Präzisionsanwendungen ausreicht, da ein derartiges Kreuzgitter mit Teilungsperioden gefertigt werden kann, die deutlich unter dem mm-Bereich liegen. Im Fall von Schrittmotoren mit periodischen Weicheisenstrukturen hängt die erzielbare Vortriebskraft jedoch empfindlich vom Abstand zwischen dem Stator und der beweglichen Antriebseinheit bzw. dem Läufer ab. Wird ein bestimmter Abstand zwischen den beiden zueinander beweglichen Antriebs-Einheiten überschritten, so ist die Erzeugung einer Antriebsbewegung nicht mehr möglich. Dies ist der Fall, wenn der erwähnte Glas-Teilungsträger eines kommerziellen Kreuzgitter-Meßsystems in einer Dicke von einigen Millimetern zwischen den beiden beweglichen Einheiten des Schrittmotors angeordnet ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine optische Positionsmeßeinrichtung zu schaffen, über die insbesondere in Verbindung mit Antrieben zur präzisen Positionierung verschiedener Elemente eine genaue Bestimmung der Relativposition dieser Elemente möglich ist. Die Funktionsweise des jeweiligen Antriebstyps soll von der zusätzlichen Positionsmeßeinrichtung dabei nicht beeinflußt werden. Zudem ist ein möglichst einfacher Aufbau einer derartigen Positionsmeßeinrichtung gefordert.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine optische Positionsmeßeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ergeben sich aus den Maßnahmen in den abhängigen Ansprüchen.

Aufgrund der Ausbildung der Meßteilung als integraler Bestandteil einer der beiden relativ zueinander beweglichen Antriebseinheiten ist nunmehr sichergestellt, daß der Abstand zwischen den beiden Antriebseinheiten so gewählt werden kann, daß ein Zusammenwirken der beiden Antriebseinheiten zur Erzeugung einer definierten Relativbewegung mit einem hohen Wirkungsgrad möglich ist. Damit ist auch ein Funktionieren von Schrittmotoren gewährleistet, die relativ abstandssensibel arbeiten. Beispielsweise können auch Schrittmotoren mit Weicheisenstatorn mit der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ausgerüstet werden, ohne deren Funktionsweise zu beeinträchtigen. Gleichzeitig ist die gewünschte hohe Auflösung bei der Positionsbestimmung sichergestellt, wenn optische Meßteilungen mit Teilungsperioden im  $\mu\text{m}$ -Bereich eingesetzt werden.

Hinsichtlich der Ausbildung der Antriebseinheit mit der zugeordneten Meßteilung existieren erfindungsgemäß diverse Möglichkeiten. Beispielsweise kann die Meßteilung direkt auf einer planarisierten Oberfläche einer Antriebs-Statoreinheit oder Teilbereichen davon eingeordnet werden. Alternativ ist auch möglich, die Meßteilung auf einem Teilungsträger aufzubringen, der wiederum auf der planarisierten Oberfläche einer Antriebs-Statoreinheit angeordnet wird. Eine Reihe verschiedener Ausführungs-Varianten sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße optische Positionsmeßeinrichtung kann dabei sowohl zur Messung eindimensionaler Verbewegungen eingesetzt werden wie auch zur Bestimmung von Verbewegungen und/oder Verdrehbewegungen bei Positionierungsaufgaben in einer Ebene. Insbesondere im letztgenannten Fall erweist sich als vorteilhafte Maßnahme, zwischen den beiden beweglich zueinander angeordneten Antriebseinheiten Luftlager vorzusehen, so daß ein reibungsfreies Positionieren möglich ist.

Eine vorteilhafte Ausführungsform gemäß Anspruch 12 ergibt sich dann, wenn mehrere erfindungsgemäß aufgebaute Antriebs-Statoreinheiten unmittelbar benachbart zueinander angeordnet werden und die Abtastung über zwei separate Abtasteinheiten vorgenommen wird, die an einem gemeinsamen Schlitten angeordnet sind. Eine derartige Ausführung der erfindungsgemäßen Positionsmeßeinrichtung erweist sich insofern günstig, als damit auch größere Verbewegungen erfaßt werden können und gleichzeitig nur die Fertigung relativ kompakter Antriebs-Statoreinheiten erforderlich ist. Grundsätzlich kann bei einem derartigen modularen Aufbau der Antriebs-Statoreinheiten auch lediglich eine einzige Abtasteinheit vorgesehen werden, wenn bestimmte Anforderungen an die Stoßstellen aneinander grenzender Antriebs-Statoreinheiten erfüllt sind.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Zeichnungen.



Dabei zeigt

**Fig. 1a** die Draufsicht auf einen Ausschnitt einer ersten, schematisiert dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung;

**Fig. 1b** eine seitliche Schnittansicht der erfindungsgemäßen Positionsmeßeinrichtung aus **Fig. 1a**;

**Fig. 2** eine seitliche Schnittansicht einer zweiten, schematisiert dargestellten Ausführungsform der Antriebs-Statoreinheit der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung;

**Fig. 3a und 3b** zwei Ansichten einer dritten Ausführungsform der Antriebs-Statoreinheit der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung;

**Fig. 4** eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Positionsmeßeinrichtung mit zwei aneinander stoßenden stationären Antriebseinheiten.

Eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ist in **Fig. 1a** in einer schematisierten Darstellung in Draufsicht teilweise gezeigt. Eine seitliche Schnittdarstellung dieses ersten Ausführungsbeispiels entlang der in **Fig. 1a** eingezeichneten Schnittlinie zeigt **Fig. 1b**.

Das dargestellte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ist dabei in Verbindung mit einem Antrieb gezeigt, der zur präzisen Positionierung von relativ zueinander in einer Ebene beweglichen Bauelementen, beispielsweise in der Halbleiterfertigung, eingesetzt werden kann. Der Antrieb ist hierbei als Schrittmotor ausgebildet, der eine stationäre Antriebseinheit, d. h. eine Antriebs-Statoreinheit 1 sowie eine relativ dazu bewegliche Antriebseinheit 2 umfaßt. In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die bewegliche Antriebseinheit 2 über geeignete Luftlager reibungsfrei auf der Antriebs-Statoreinheit 1 gelagert. Die Antriebs-Statoreinheit 1 wiederum ist in diesem Ausführungsbeispiel als Weicheisen-Stator ausgeführt, der auf einem Grundkörper 5 angeordnete, räumlich strukturierte Bereiche mit würfelförmigen Erhebungen 6 sowie dazwischen liegende Ausnehmungen 9 aufweist. Zur Erzeugung der Antriebsbewegung umfaßt die bewegliche Antriebseinheit 2 mehrere – nicht dargestellte – Erreger-Spulen, die in bekannter Art und Weise angesteuert werden, d. h. über die zeitlich definierte Anregung der Erreger-Spulen ist die schrittweise Positionierung des beweglichen Antriebsteiles 2 in der xy-Ebene möglich. Hierzu ist die bewegliche Antriebseinheit 2 über eine Verbindungsleitung 4 mit einer geeignet ausgebildeten Steuer- und Auswert-Einheit 3 verbunden.

Zur gewünschten, hochauflösenden Positionsbestimmung des beweglichen Antriebsteiles 2 in der xy-Ebene ist in diesem Ausführungsbeispiel eine optische Positionsmeßeinrichtung vorgesehen, mit der verschiebungsabhängige Abtastsignale über eine Auflicht-Anordnung erzeugt werden. Hierbei wird von ein oder mehreren, in bekannter Art und Weise ausgebildeten Abtasteinheiten 10, die auf Seiten der beweglichen Antriebseinheit 2 angeordnet ist, eine Meßteilung 8 abgetastet, die der Antriebs-Statoreinheit 1 zugeordnet ist. In den Darstellungen der **Fig. 1a** und **1b** ist lediglich eine einzige Abtasteinheit 10 auf Seiten des beweglichen Antriebsteiles 2 erkennbar; zur vollständigen Erfassung der Bewegung in der xy-Ebene inklusive der Bestimmung des Winkels  $\varphi$ , um den die bewegliche Abtasteinheit 2 um eine vertikale Achse verdreht werden kann, sind jedoch drei derartige Abtasteinheiten vorzusehen.

Die jeweiligen Abtasteinheiten 10 umfassen zu diesem Zweck eine Lichtquelle 11 sowie mindestens ein optoelektronisches Detektorelement 12, das die von der Meßteilung 8 zurückreflektierte Strahlung erfaßt. Hinsichtlich der Ausbildung der Abtasteinheit 10 existieren dabei vielfältige, be-

kannte Möglichkeiten, wie etwa zusätzlich geeignete Sendeoptiken, Abtastgitter, mehrere geeignet verschaltete Detektorelemente etc. vorzusehen.

Die in Reflexion bzw. Auflicht abgetastete Meßteilung 8 ist im dargestellten Fall der zweidimensionalen Bewegung der beweglichen Antriebseinheit 2 als Kreuzgitter ausgebildet, das in bekannter Art und Weise zur Gewinnung von inkrementalen Positionsinformationen abgetastet wird. Die Teilungsperioden der Meßteilung 8 sind im Fall der optischen Abtastung wie bereits erwähnt deutlich kleiner als die Periodizitäten der würfelförmigen Erhebungen 6, die z. B. über andere Abtastprinzipien zur Gewinnung der Positionsinformation abgetastet werden könnten. Sinnvolle Teilungsperioden der Kreuzgitter-Meßteilung 8 liegen im Bereich 1 ... 100  $\mu\text{m}$ . Im Fall einer 100fachen Interpolation der resultierenden Abtastsignale ergibt sich damit eine mögliche Auflösung bei der Positionsbestimmung von 0,01 ... 1  $\mu\text{m}$ .

Selbstverständlich ist die nachfolgend detailliert beschriebene Ausbildung der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung nicht auf den dargestellten Fall der Bewegung in zwei Dimensionen beschränkt, d. h. analog läßt sich auch ein Linear-Schrittmotor damit ausstatten, der lediglich eine Positionierung in einer Dimension ermöglicht. In diesem Fall kann dann beispielsweise auch auf die erwähnte Luftlager-Anordnung verzichtet werden und separate Führungen des beweglichen Antriebsteiles vorgesehen werden. Als Meßteilung wäre in diesem Fall dann eine bekannte eindimensionale, reflektierende inkremental-Teilung einzusetzen mit einer in Meßrichtung periodischen Anordnung von Teilungsstrukturen.

Um ein Funktionieren des Schrittmotors auch in Verbindung mit der gewünschten Positionsbestimmung zu gewährleisten, ist nunmehr im dargestellten Ausführungsbeispiel erfindungsgemäß vorgesehen, den Teilungsträger 7 inklusive der darauf angeordneten Meßteilung 8 als integralen Bestandteil der Antriebs-Statoreinheit 1 auszubilden. Zu diesem Zweck werden die zwischen den Erhebungen 6 der Antriebs-Statoreinheit 1 befindlichen Ausnehmungen 9 mit einem Füllmaterial versehen, so daß eine plane Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit 1 resultiert. Hinsichtlich des in diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Füllmaterials für die Ausnehmungen 9 sind dabei bestimmte Anforderungen zu berücksichtigen. Zunächst muß das Füllmaterial nichtmagnetisch sein, um die Funktionsweise des Schrittmotors möglichst nicht zu beeinflussen. Zudem sollte das verwendete Füllmaterial die Herstellung einer möglichst planen Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit 1 gewährleisten, sich also möglichst gut polieren lassen und nicht quellen. Ferner sollte eine möglichst gute Haftung von ggf. darauf angeordneten Schichten sichergestellt sein. Desweiteren ist es vorteilhaft, wenn das eingesetzte Füllmaterial einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist wie das umgebende Material der Antriebs-Statoreinheit 1. Als geeignetes Füllmaterial erweist sich unter diesen Anforderungen etwa Hartlot. Alternativ kann auch eine Füllung mit einem anderen, nichtmagnetischen Metall oder aber einem Kunststoff erfolgen.

Nach dem Ausfüllen der Ausnehmungen 9 mit einem geeigneten Füllmaterial kann je nach Planaritätsanforderung in einem anschließenden Bearbeitungsschritt ein Polieren der Oberfläche dieser Antriebseinheit erfolgen. Auf der möglichst planen Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit 1 wird im dargestellten Ausführungsbeispiel daraufhin eine als Teilungsträger 7 dienende dünne Schicht aufgebracht. Beim Material des Teilungsträgers kann es sich z. B. um sogenanntes Spin-on-glas oder aber um sogenannte Sol-Gel-Materialien handeln, die in bekannter Art und Weise aufgebracht werden. Desweiteren kann als Teilungsträger z. B.

auch eine dünne Metallschicht vorgesehen werden, etwa Cr. Die Dicke der als Teilungsträger 7 dienenden Schicht beträgt dabei wenige nm.

Auf dem Teilungsträger 7 wird anschließend die eigentliche Meßteilung 8 aufgebracht bzw. der Teilungsträger 7 strukturiert. Hierbei eignet sich im Fall einer im Auflicht abgetasteten Meßteilung 8 z. B. eine periodische Struktur mit reflektierenden Bereichen aus TiN und nichtreflektierenden Bereichen aus  $\text{TiO}_2$ . Alternativ wäre auch eine Strukturierung möglich, bei der auf einer nicht-reflektierenden CrO-Schicht reflektierende Bereiche aus Cr in angeordnet werden. Eine derartig aufgebaute Meßteilung 8 würde vorzugsweise auf dem als Cr-Schicht ausgebildeten Teilungsträger 7 angeordnet. Die eigentliche Strukturierung der unterschiedlichen Bereiche kann dabei etwa über bekannte Photolithographie-Techniken erfolgen.

Schließlich ist es alternativ auch möglich, den Teilungsträger als dünne Metallfolie auszubilden, die in bekannter Art und Weise strukturierbar ist, d. h. etwa mit den zur Stahlmaßband-Herstellung bekannten Techniken. Beispielsweise ist in diesem Zusammenhang zur Strukturierung auch die Verwendung von Lasern möglich usw. Die Metallfolie inklusive der darauf angeordneten Teilungsstruktur kann anschließend auf die planarisierte Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit aufgeklebt werden.

Im Gegensatz zum bloßen Anordnen einer Glasplatte eines kommerziellen Kreuzgitter-Meßsystems auf der Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit 1 kann durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen sichergestellt werden, daß der Abstand d zwischen den periodischen Strukturen des einen Antriebsteiles 1 und den Erreger-Spulen des anderen, beweglichen Antriebsteiles 2 nicht zu groß wird und eventuell keine Antriebsbewegung mehr erzeugbar ist. Die auf der planarisierten Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit 1 angeordneten Schichten mit dem Teilungsträger 7 und der Meßteilung 9 weisen insgesamt eine Dicke in der Größenordnung von 1 µm auf. Damit ist gewährleistet, daß im beschriebenen Ausführungsbeispiel ein Zusammenwirken der Antriebs-Statoreinheit 1 mit der relativ dazu beweglichen Antriebseinheit 2 weiterhin möglich ist und derart eine definierte Relativbewegung zwischen den beiden Antriebseinheiten 1, 2 erzeugt werden kann.

Alternativ zur erläuterten Variante mit der periodischen Struktur auf Seiten der statorseitigen Antriebseinheit kann selbstverständlich in der gleichen Art und Weise die Antriebseinheit mit der periodischen Struktur als bewegliche Antriebseinheit eingesetzt werden. Der Teilungsträger inklusive Meßteilung ist in diesem Fall in der gleichen Art und Weise wie oben erläutert der beweglichen Antriebseinheit zugeordnet.

Eine zweite Ausführungsform einer Antriebs-Statoreinheit 21, die in der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung eingesetzt werden kann, ist in Fig. 2 schematisiert dargestellt. Im Unterschied zum ersten beschriebenen Ausführungsbeispiel ist eine andere periodische Struktur auf Seiten der Antriebs-Statoreinheit 21 vorgesehen, die in einem Permanentmagnet-Linearmotor zum Einsatz kommen kann. So sind auf einem Grundkörper 25 der Antriebs-Statoreinheit 21 in einem periodischen Muster analog zum ersten Ausführungsbeispiel quaderförmige Permanentmagnete 26 angeordnet, wobei in Fig. 2 eine Anordnung mit unterschiedlichen Polaritäten der benachbarten Permanentmagnete 26 vorgesehen ist. Alternativ können diese Permanentmagnete auch allesamt in dem jeweils gleichen Ausrichtung angeordnet werden. Die Erzeugung der Antriebsbewegung einer – nicht dargestellten – relativ hierzu beweglichen Antriebseinheit erfolgt in bekannter Art und Weise durch die entsprechende Ansteuerung von Erreger-Spulen in

der jeweils anderen Antriebseinheit.

Wie im ersten Ausführungsbeispiel ist wiederum vorgesehen, die Ausnehmungen 29 zwischen den Permanentmagneten 26 mit einem Füllmaterial auszufüllen, so daß eine plane Oberfläche dieser Antriebseinheit 21 resultiert. Auf einer derart planarisierten Oberfläche wird anschließend eine als Teilungsträger 27 dienende Schicht aufgebracht, auf der wiederum die Meßteilung 28 angeordnet ist. Hinsichtlich der möglichen Ausbildung des Teilungsträgers 27, der Meßteilung 28 sowie zu den Anforderungen an das Füllmaterial sei auf die obigen Ausführungen verwiesen.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ist in zwei Teil-Ansichten in den Fig. 3a und 3b schematisiert dargestellt. Die Meßteilung 58 ist wiederum der stationären Antriebseinheit 51 zugeordnet, die analog zum ersten Ausführungsbeispiel eine periodische Struktur mit Erhebungen 56 und dazwischen liegenden Ausnehmungen 59 auf einem Grundkörper 55 aufweist, d. h. als Weicheisen-Stator ausgebildet ist. Nicht dargestellt ist die oberhalb der Antriebs-Statoreinheit 51 angeordnete, bewegliche Antriebseinheit mit den Erreger-Spulen sowie ein oder mehreren Abtasteinheiten, die zur Auflicht-Abtastung der Meßteilung 58 auf der Antriebs-Statoreinheit 51 dienen. Im Unterschied zu den beiden vorab erläuterten Ausführungsformen ist nunmehr vorgesehen, die als Kreuzgitter ausgebildete Meßteilung 58 als integralen Bestandteil der stationären Antriebseinheit 51 direkt auf der planen bzw. planarisierten derselben anzuordnen, d. h. auf einen separaten Teilungsträger zu verzichten. Das Planarisieren der entsprechenden Oberfläche erfolgt wie vorab erläutert, d. h. durch Ausfüllen der Ausnehmungen 56 mit einem geeigneten Füllmaterial, beispielsweise Hartlot. Anschließend wird die Oberfläche noch poliert, bevor die eigentliche Strukturierung erfolgt, um die Meßteilung 58 aufzubringen. Hierbei kann die Meßteilung 58 wiederum aus periodisch angeordneten, reflektierenden und nicht-reflektierenden Bereichen bestehen wie etwa aus TiN/ $\text{TiO}_2$  etc.

Alternativ zur dargestellten Variante kann die Meßteilung je nach Meßanforderungen auch nur in Teilbereichen der Oberfläche der Antriebs-Statoreinheit aufgebracht werden, beispielsweise nur auf den planen Oberflächen der Erhebungen usw.

Eine spezielle, vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmeßeinrichtung ist in Fig. 4 schematisiert dargestellt. Hierbei sind zwei separate Antriebs-Statoreinheiten 31.1, 31.2 gezeigt, die benachbart zueinander angeordnet sind. Der Aufbau der beiden Antriebs-Statoreinheiten 31.1, 31.2 entspricht demjenigen aus dem ersten beschriebenen Ausführungsbeispiel in Fig. 1a und 1b, d. h. auf der Oberseite der Antriebs-Statoreinheiten 31.1, 31.2 ist jeweils als integraler Bestandteil derselben ein Kreuzgitter als Meßteilung 38.1, 38.2 angeordnet. Oberhalb der beiden Antriebs-Statoreinheiten 31.1, 31.2 ist die bewegliche Antriebseinheit 32 vorgesehen, die über Luftlager in der xy-Ebene positioniert werden kann. Die bewegliche Antriebseinheit 32 umfaßt im gezeigten Ausführungsbeispiel u. a. zwei Abtasteinheiten 40.1, 40.2, die an den beiden Querseiten der Antriebseinheit 32 angeordnet sind und mit denen eine optische Abtastung der Kreuzgitter-Meßteilungen erfolgt. Neben der Bestimmung der Verschiebebeträge in der xy-Ebene kann mit der dargestellten Anordnung auch eine Drehung der beweglichen Antriebseinheit 32 um eine in z-Richtung orientierte vertikale Achse detektiert werden.

Über dieses Ausführungsbeispiel soll verdeutlicht werden, daß auf Grundlage der vorliegenden Erfindung auch große Verfahrbereiche von beweglichen Antriebseinheiten bei derartigen Antrieben realisierbar sind und gleichzeitig die hochauflösende optische Positionsbestimmung möglich

ist. Hierzu können mehrere kleinere Antriebs-Statoreinheiten, die allesamt in der beschriebenen Art und Weise aufgebaut sind, aneinandergereiht werden. Es ist demzufolge nicht erforderlich, eine einzige großflächige Antriebs-Statoreinheit inclusive großflächiger Meßteilung zu fertigen, vielmehr kann eine bestimmte Statorgröße eingesetzt werden, die je nach erforderlichem Verfahrensbereich entsprechend oft aneinandergereiht wird.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind auf Seiten der beweglichen Antriebseinheit 32 zwei beabstandete Abtasteinheiten 40.1, 40.2 angeordnet, d. h. es ist kein Überfahren der Stoßstelle der aneinandergrenzenden Antriebs-Statoreinheiten 31.1, 31.2 mit einer der beiden Abtasteinheiten 40.1, 40.2 vorgesehen. Alternativ hierzu kann in einer weiteren Ausführungsform die bewegliche Antriebseinheit auch beim modularen Aufbau der Antriebs-Statoreinheit lediglich eine einzige Abtasteinheit umfassen. In diesem Fall wiederum resultieren bestimmte Anforderungen an die dann von der Abtasteinheit überfahrbare Stoßstelle, um auch an dieser Stelle eine exakte Positionsbestimmung zu gewährleisten. In einer ersten Variante kann durch hinreichend präzise Fertigung der Meßteilungen insbesondere im Bereich der Stoßstellen unmittelbar aneinandergrenzender Antriebs-Statoreinheiten sichergestellt werden, daß an dieser Stelle keine Fehlmessungen resultieren. Alternativ ist es in einer zweiten Variante mit lediglich einer einzigen Abtasteinheit möglich, zwischen den aneinandergrenzenden Antriebs-Statoreinheiten einen Abstand definierter Größe vorzusehen. Dieser definierte Abstand kann etwa beim Aufbau der gesamten Antriebs-Statoreinheit aus den einzelnen Modulen über eine geeignete optische Justier Vorrichtung eingestellt werden. Auch derart läßt sich sicherteilen, daß beim Überfahren der Stoßstellen mit der Abtasteinheit keine Fehler in der Positionsbestimmung resultieren.

Es ergeben sich somit auf Grundlage der erfindungsgemäßen Überlegungen eine Reihe von Ausführungsmöglichkeiten, die allesamt eine zuverlässige, hochauflösende, optische Positionsbestimmung in Verbindung mit verschiedenen Schrittmotor-Varianten gewährleisten.

#### Patentansprüche

1. Optische Positionsmeßeinrichtung für einen Antrieb zur präzisen Positionierung, welcher zwei zueinander bewegliche Antriebseinheiten (1, 2; 21; 31.1, 31.2, 32; 51) umfaßt, wobei eine der beiden Antriebseinheiten (1; 21; 31.1, 31.2; 51) eine Meßteilung (8; 28; 38.1, 38.2; 58) als integralen Bestandteil aufweist, die von einer mit der anderen Antriebseinheit (2; 32) verbundenen Abtasteinheit (10; 40.1, 40.2) zur Erzeugung von positionsabhängigen Ausgangssignalen abtastbar ist und die Meßteilung (8; 28; 38.1, 38.2; 58) direkt oder indirekt zumindest auf einem Teilbereich einer planen Oberfläche der Antriebseinheit (1; 21; 31.1, 31.2; 51) angeordnet ist, wodurch sich ein Abstand (d) zwischen den beiden Antriebseinheiten (1, 2; 21; 31.1, 31.2, 32; 51) derart ergibt, daß im Zusammenwirken der beiden Antriebseinheiten (1, 2; 21; 31.1, 31.2, 32; 51) die Erzeugung einer definierten Relativbewegung zwischen den beiden Antriebseinheiten (1, 2; 21; 31.1, 31.2, 32; 51) möglich ist.
2. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Meßteilung (8; 28; 38.1, 38.2) auf einer als Teilungsträger (7; 27) dienenden Schicht auf der planen Oberfläche der jeweiligen Antriebseinheit (1; 21; 31.1, 31.2) angeordnet ist und die Dicke der als Teilungsträger (7; 27) dienenden Schicht inclusive der Meßteilung (8; 28; 38.1, 38.2) so gewählt ist, daß ein

Zusammenwirken dieser Antriebseinheit (1; 21; 31.1, 31.2) mit der relativ dazu beweglichen anderen Antriebseinheit (10; 40.1, 40.2) möglich ist.

3. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Meßteilung (58) zumindest in Teilbereichen direkt auf der planen Oberfläche der jeweiligen Antriebseinheit (51) angeordnet ist.

4. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 2, wobei der Teilungsträger (7; 27) und die Meßteilung (8; 28; 38.1, 38.2) der Antriebs-Statoreinheit zugeordnet sind, welche räumlich strukturierte Bereiche mit Erhebungen (6; 26) und dazwischen befindlichen Ausnehmungen (9; 29) umfaßt, die in ein oder zwei Dimensionen periodisch angeordnet sind.

5. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 2, wobei der Teilungsträger (27) und die Meßteilung (28) der Antriebs-Statoreinheit zugeordnet sind, welche Bereiche (26) mit einem definierten Magnetisierungsmuster umfaßt, das in ein oder zwei Dimensionen periodisch angeordnet ist.

6. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 4, wobei die Ausnehmungen (9; 29) in der Antriebs-Statoreinheit mit einem Füllmaterial versehen sind.

7. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 6, wobei das Füllmaterial einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist wie das umgebende Material der Antriebs-Statoreinheit.

8. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 2, wobei als Material des Teilungsträgers (7; 27) Spinon-Glas gewählt ist.

9. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 2, wobei als Material des Teilungsträgers (7; 27) ein Sol-Gel-Material gewählt ist.

10. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 2, wobei der Teilungsträger (7; 27) als dünne Metallfolie ausgebildet ist.

11. Optische Positionsmeßeinrichtung nach Anspruch 10, wobei die Metallfolie als Meßteilung reflektierende und nichtreflektierende Bereiche umfaßt.

12. Vorrichtung zur präzisen Positionierung eines in einer Ebene beweglichen Bauteiles, die zwei oder mehr benachbart angeordnete Antriebseinheiten (31.1, 31.2) mit Meßteilungen (38.1, 38.2) gemäß Anspruch 1 umfaßt und eine relativ dazu bewegliche Antriebseinheit (32) mit mindestens einer Abtasteinheit (40.1, 40.2) aufweist, die zur optischen Abtastung der auf den anderen Antriebseinheiten (31.1, 31.2) angeordneten Meßteilungen (38.1, 38.2) ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die bewegliche Antriebseinheit (32) zwei beabstandete Abtasteinheiten (40.1, 40.2) aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die bewegliche Antriebseinheit eine einzige Abtasteinheit umfaßt, die Antriebseinheiten mit den darauf angeordneten Meßteilungen unmittelbar aneinandergrenzend angeordnet sind und die an den Stoßstellen aneinandergrenzenden Meßteilungen exakt aneinander anschließen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die bewegliche Antriebseinheit eine einzige Abtasteinheit umfaßt und die Antriebseinheiten mit den darauf angeordneten Meßteilungen mit einem definierten Abstand zueinander angeordnet sind.

FIG. 1b

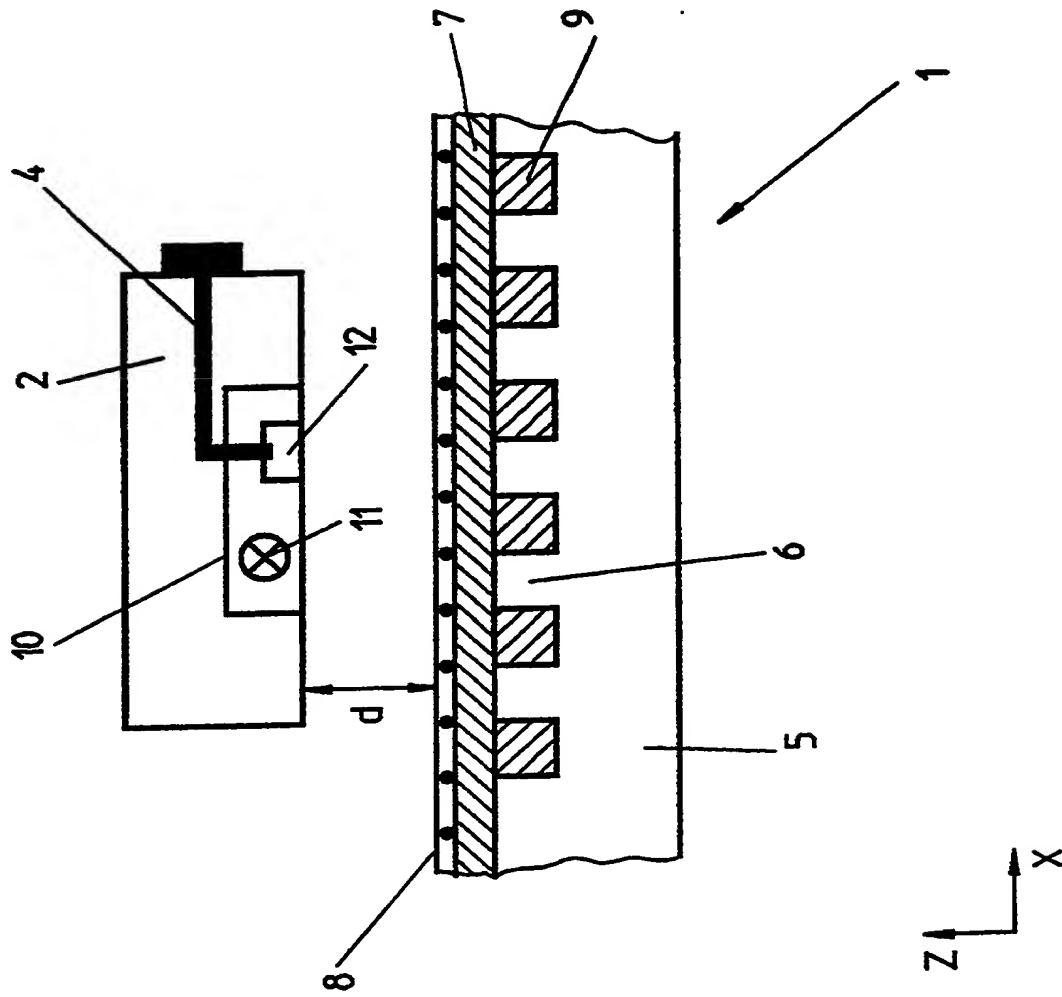


FIG. 2

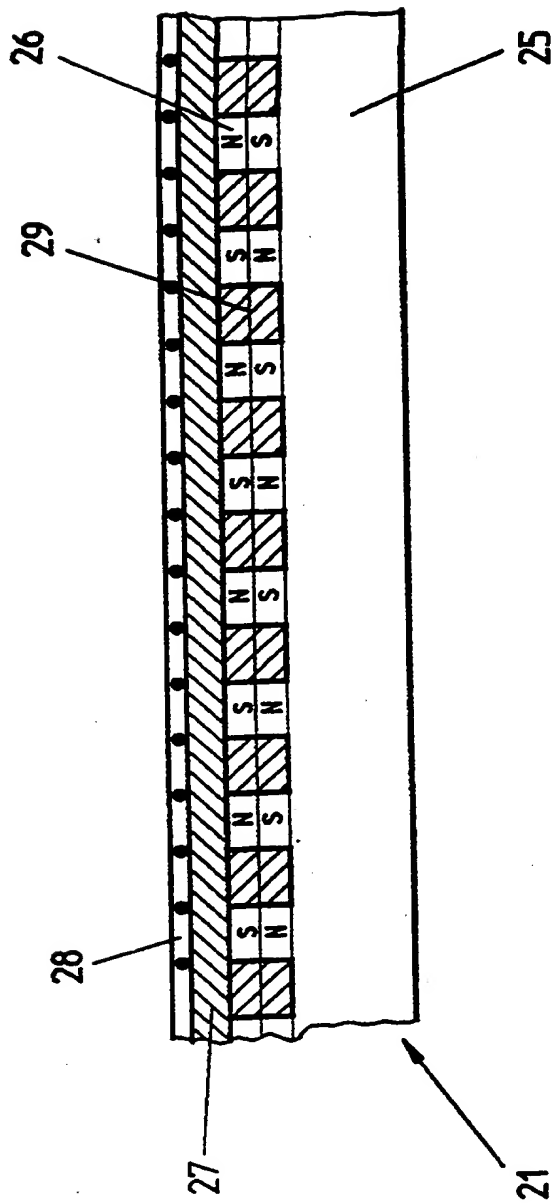


FIG. 3b

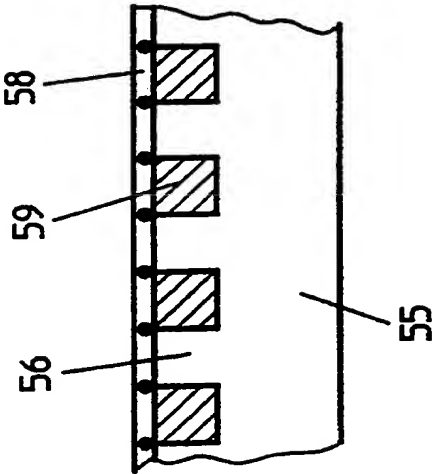


FIG. 3a

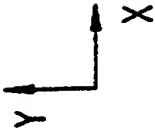
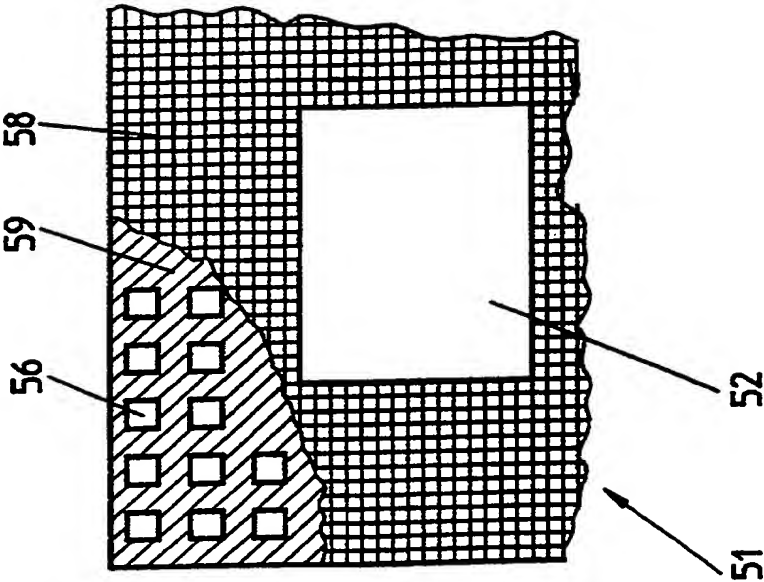


FIG. 4

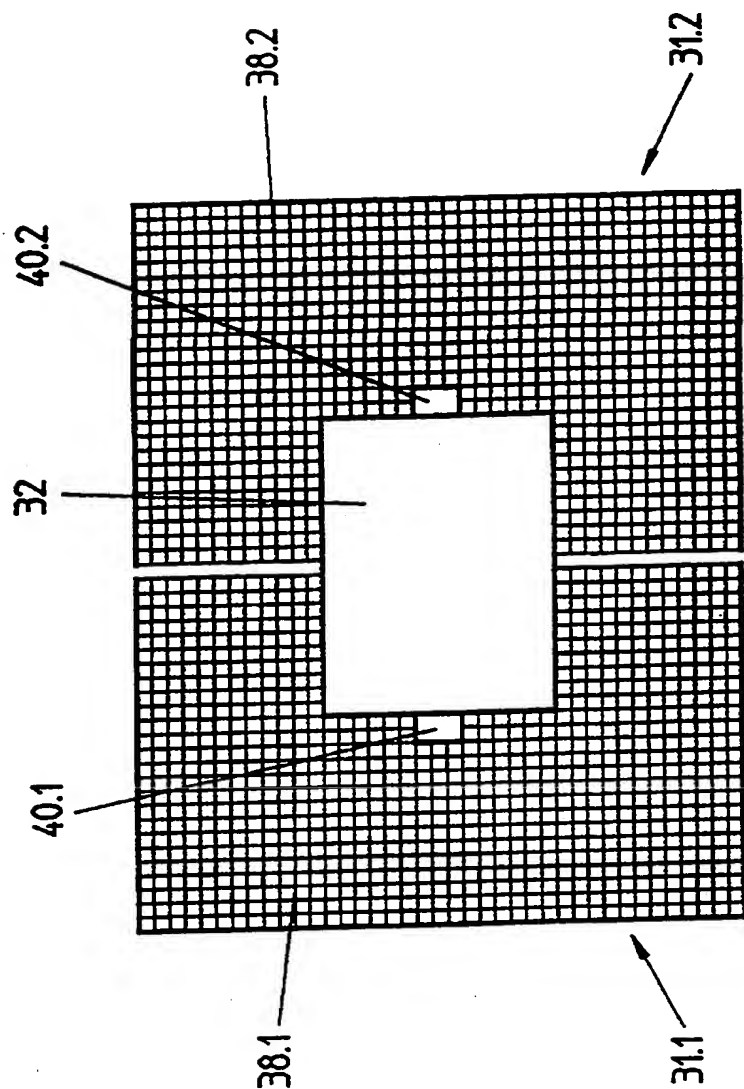


FIG. 1a

